



19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift

10 DE 41 20 258 A 1

51 Int. Cl.⁵:

H 01 L 39/24

C 04 B 35/50

C 04 B 35/00

C 23 C 14/34

C 23 C 14/08

21 Aktenzeichen: P 41 20 258.9

22 Anmeldetag: 19. 6. 91

43 Offenlegungstag: 24. 12. 92

DE 41 20 258 A 1

71 Anmelder:

Siemens AG, 8000 München, DE

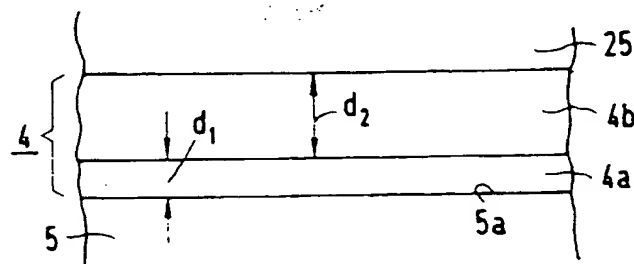
72 Erfinder:

Behner, Heinrich, Dr., 8523 Bräuningshof, DE;

Wecker, Joachim, Dr., 8520 Erlangen, DE

54 Verfahren zur Herstellung einer Schicht aus einem Hochtemperatursupraleiter-Material auf einem Silizium-Substrat

57 Mit dem Verfahren ist epitaktisch eine Schicht (25) aus einem Hochtemperatursupraleiter(HTSL)-Material auf einer epitaxiefähigen Oberfläche (5a) eines Si-Substrates (5) herzustellen. Hierzu wird auf dem Substrat (5) zunächst mittels Sputterns epitaktisch eine Zwischenschicht (4) aus einem metalloxidischen Material mit angepaßter Gitterkonstante ausgebildet, bevor die HTSL-Schicht (25) abgeschieden wird. Erfindungsgemäß wird zur Ausbildung der Zwischenschicht (4) zunächst bei Anwendung eines sauerstofffreien Sputtergases eine Unterlage (4a) von einigen Atomlagen Dicke (d_1) aus mindestens einer metallischen Komponente des Zwischenschichtmaterials auf das an seiner Oberfläche (5a) zu Si-Oxid oxidierte Substrat (5) unter Reduktion desselben aufgebracht und wird dann auf dieser Unterlage (4a) das metalloxidische Zwischenschichtmaterial (4b) abgeschieden.



DE 41 20 258 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zu einer epitaktischen Herstellung einer Schicht aus einem Hochtemperatursupraleiter-Material auf einer epitaxie-
fähigen Oberfläche eines Silizium-Substrates, bei welchem Verfahren auf dem Substrat bei erhöhter Temperatur zunächst mittels eines Sputterprozesses epitaktisch eine Zwischenschicht aus einem metalloxidischen Material, dessen Gitterkonstante sowohl an die des Substratmaterials als auch an die des Hochtemperatursupraleiter-Materials zumindest weitgehend angepaßt ist, ausgebildet wird und dann auf dieser Zwischenschicht das Hochtemperatursupraleiter-Material abgeschieden wird. Ein derartiges Verfahren ist aus "J. Appl. Phys.", Vol. 64, No. 11, 01.12.1988, Seiten 6502 bis 6504 bekannt.

Supraleitende Metalloxidverbindungen mit hohen Sprungtemperaturen T_c von insbesondere 77 K, die deshalb mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden können, sind seit einigen Jahren allgemein bekannt. Entsprechende Hochtemperatursupraleiter-Materialien — nachfolgend als "HTSL-Materialien" bezeichnet — basieren beispielsweise auf einem mindestens vierkomponentigen Stoffsystem des Typs $\text{Me}_2\text{MeCu-O}$, wobei die Komponenten Me ein Seltenes Erdmetall und Me2 ein Erdalkalimetall zumindest enthalten. Hauptvertreter dieser Gruppe ist das Stoffsystem Y-Ba-Cu-O . Daneben weisen auch Phasen von fünfkomponentigen Cupraten wie z. B. des Stoffsystems Bi-Sr-Ca-Cu-O oder Tl-Ba-Ca-Cu-O Sprungtemperaturen T_c von über 77 K auf.

Zur Realisierung neuartiger elektronischer Bauelemente, bei denen die HTSL-Technologie mit der Silizium(Si)-Technologie verknüpft ist, muß man hochwertige HTSL-Filme auf einkristallinen Si-Substraten, insbesondere sogenannten Si-Wafern, ausbilden können. Es hat sich jedoch gezeigt, daß aus physikalisch-chemischen Gründen eine direkte Abscheidung von HTSL-Filmen auf Si nur zu unbefriedigenden Ergebnissen führt. Dies hat insbesondere seine Ursache darin, daß bei den üblichen erhöhten Temperaturen zur Ausbildung hochwertiger HTSL-Filme eine Diffusion von Si in das HTSL-Material auftritt. Die Folge davon ist eine Verschlechterung der Kristallperfektion des HTSL-Films und damit der supraleitenden Kenndaten wie der Sprungtemperatur T_c und der kritischen Stromdichte J_c . Zur Umgehung dieses Diffusionsproblems ist es bekannt (vgl. die eingangs genannte Literaturstelle aus "J. Appl. Phys." oder "Appl. Phys. Lett.", Vol. 54, No. 8, 20.02.1989, Seiten 754 bis 756), zwischen der Oberfläche des Si-Substrates und der HTSL-Schicht eine spezielle, dünne Zwischenschicht, eine sogenannte "bufferlayer" vorzusehen. Eine solche Zwischenschicht muß einerseits die Struktur des einkristallinen Si-Substrates auf die in einem darauffolgenden Verfahrensschritt abzuschneidende HTSL-Schicht übertragen können, d. h. eine Epitaxie ermöglichen, und andererseits diffusionsverhindernd wirken. Dies bedeutet, daß schon die Zwischenschicht epitaktisch auf das Si aufwachsen muß und außerdem bezüglich ihrer Gitterkonstanten sowohl an die des Si-Materials als auch an die des HTSL-Materials zumindest weitgehend angepaßt sein muß. Als Materialien für entsprechende Zwischenschichten kommen praktisch nur Oxide wie z. B. SrTiO_3 oder insbesondere Y-stabilisiertes ZrO_2 in Frage. Will man nun diese metalloxidischen Materialien mittels eines RF-Sputterprozesses auf einem Si-Substrat epitaktisch abscheiden, so tritt das Problem auf, daß sich auf Grund der großen Affinität des Si zum Sauerstoff bereits beim Prozeß des

Aufbringens der Zwischenschicht eine amorphe Si-Oxidschicht auf der Oberfläche des Si-Substrates ausbildet, die den weiteren Epitaxievorgang behindert, gegebenenfalls sogar völlig unterbindet. Es wurde nämlich erkannt, daß die Ursache hierfür negative Sauerstoffionen sind, die durch den Sputterprozeß intrinsisch am Sputtertarget aus dem oxidischen Material der Zwischenschicht entstehen. Diese Ionen bewirken auf Grund ihrer hohen Energie die Bildung der amorphen Si-Oxidschicht.

Ferner muß im allgemeinen eine amorphe Oxidschicht, die sich von Natur aus auf einem einkristallinen Si-Substrat befindet und eine Dicke von etwa 2 nm hat, mittels eines aufwendigen Prozeßschrittes vorher entfernt werden. Das gleiche gilt auch für kohlenstoffhaltige Verunreinigungen, die sich ebenfalls auf der freien Si-Oberfläche befinden können. Wegen der entsprechenden Vorreinigung der Substratoberfläche ist der Aufwand zur Herstellung einer HTSL-Schicht auf einem Si-Substrat dementsprechend erhöht.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es nun, das Verfahren mit den eingangs genannten Merkmalen dahingehend auszugestalten, daß sich mit dem Sputterprozeß auf dem Si-Substrat epitaktisch eine metalloxidische Zwischenschicht als "bufferlayer" ausbilden läßt, ohne daß es einer speziellen Vorreinigung der Substratoberfläche bedarf.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Ausbildung der Zwischenschicht zunächst unter Anwendung eines sauerstofffreien Sputtergases eine Unterlage von einigen Atomlagen Dicke aus mindestens einer metallischen Komponente des Zwischenschichtmaterials auf das an seiner Oberfläche zu Siliziumoxid oxidierte Substrat aufgebracht wird, so daß bei der erhöhten Temperatur die mindestens eine metallische Komponente oxidiert und das Siliziumoxid reduziert werden, und daß dann auf diese Unterlage das metalloxidische Zwischenschichtmaterial abgeschieden wird.

Die mit dieser Ausgestaltung des Verfahrens verbundenen Vorteile sind insbesondere darin zu sehen, daß sich durch die erfindungsgemäße Sputterabscheidung der mindestens einen metallischen Komponente des Zwischenschichtmaterials die unerwünschte Bildung einer amorphen Si-Oxidschicht auf der Substratoberfläche wieder rückgängig machen läßt, indem bei den üblicherweise hohen Prozeßtemperaturen diese metallische Komponente oxidiert und dementsprechend das Si-Oxid reduziert werden. Die hohe Prozeßtemperatur erlaubt auch die Entstehung der gewünschten kristallinen Ordnung nach Art einer festkörperepitaktischen Reaktion. Eine Vorreinigung der Si-Oberfläche von der amorphen Si-Oxidschicht ist somit nicht mehr erforderlich. Erst nach dieser "Ansputterphase" werden dann die jeweiligen, zu einem optimalen Wachstum der metalloxidischen Zwischenschicht notwendigen Sputterbedingungen eingestellt. Diese Sputterbedingungen sind allgemein bekannt.

Vorteilhafte Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens gehen aus den Unteransprüchen hervor.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels noch weiter erläutert, wobei auf die Zeichnungen Bezug genommen wird. Dabei zeigt Fig. 1 schematisch eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens, und Fig. 2 ist der Aufbau eines mit dem Verfahren auf einem Si-Substrat hergestellten HTSL-Films schematisch veranschaulicht.

Die in Fig. 1 nur teilweise als Schnitt ausgeführte, allgemein mit 2 bezeichnete Anlage zu einer Herstel-

lung mindestens einer Schicht aus einem der bekannten HTSL-Materialien enthält wenigstens eine evakuierbare Abscheidekammer 3. In dieser auf Erdpotential gelegten Abscheidekammer soll eine Zwischenschicht 4 epitaktisch auf einem Substrat 5 mittels Hochfrequenz-Kathodenzerstäubung ("RF-Sputtern") zu erzeugen sein. Für das Ausführungsbeispiel sei nachfolgend das bekannte Y-stabilisierte ZrO_2 (Abkürzung: YSZ) als Zwischenschichtmaterial ausgewählt. Da der Abscheidungsprozeß für dieses Material erfindungsgemäß zweistufig verlaufen soll, sind in der Abscheidekammer 3 zwei Sputterquellen 6 und 7 vorhanden. Die beiden Sputterquellen brauchen nicht, wie gemäß Fig. 1 angenommen, längs einer gemeinsamen Schnittlinie hintereinander angeordnet zu sein, sondern können beispielsweise nebeneinander längs zweier z. B. paralleler Schnittlinien liegen. Bei den Sputterquellen 6 und 7 kann es sich jeweils um eine RF-Magnetron oder eine andere RF-Sputterquelle handeln. Die für das Ausführungsbeispiel angenommenen, bekannten RF-Magnetrons mit konzentrischen Elektroden sind durch eine verschließbare Öffnung 8 in den Innenraum 9 der Kammer 3 so eingebracht, daß die Ebenen ihre Oberflächen jeweils mit der Ebene der Oberfläche des Substrates einen vorbestimmten Winkel α bzw. α' einschließen oder gegebenenfalls parallel dazu liegen. Die Winkel α und α' haben im allgemeinen gleiche oder auch verschiedene Werte von jeweils zwischen 0 und 90° (vgl. z. B. EP-A-03 43 649). Im Bereich der Elektroden der Sputterquelle 6 befindet sich ein erstes Target 11 aus mindestens einer der metallischen Komponenten des Zwischenschichtmaterials. Dementsprechend besteht das Target 11 gemäß dem gewählten Ausführungsbeispiel aus reinem Zr-Metall oder einer metallischen Zr-Y-Legierung. Das an diesem Target ausgebildete Plasma mit dem Targetmaterial ist mit 12 bezeichnet. Bei dem Material des zweiten Targets 13 am Magnetron 7 handelt es sich um das eigentliche, metalloxidische Zwischenschichtmaterial Y-stabilisiertes ZrO_2 . Das zugehörige Plasma ist mit 14 bezeichnet.

Das Substrat 5, auf dem die Zwischenschicht 4 epitaktisch (epitaxiefähig) aufwachsen soll, befindet sich auf einem drehbaren Substrathalter 15. Dieser Substrathalter läßt sich von seiner Unterseite her mittels einer Heizvorrichtung 16 elektrisch auf eine vorbestimmte Abscheidetemperatur aufheizen. Das Substrat besteht vorzugsweise aus reinem Silizium (Si), dotiertem Si oder einer Si-Verbindung und weist eine epitaxiefähige Oberfläche auf. Insbesondere kann ein einkristallines Si-Substrat z. B. in Form eines Wafers mit einer (100)-Kristallorientierung seiner Oberfläche vorgesehen werden.

Die Oberfläche eines solchen, handelsüblichen Si-Wafers ist jedoch im allgemeinen durch eine dünne Oxidschicht aus Si-Oxid mit amorpher Struktur bedeckt. Wenn eine epitaktische Abscheidung eines Dünnschichtes auf Si vorgenommen werden soll, muß deshalb die Wirksamkeit dieser amorphen Schicht beseitigt werden, ohne daß die eigentliche Oberflächenstruktur des Si beeinträchtigt wird. Außerdem enthält diese natürliche Oxidhaut des Substrates 5 im allgemeinen noch die Epitaxie störenden Kohlenstoff-Verunreinigungen. Diese Verunreinigungen können jedoch durch Desorption in Form von CO oder CO_2 eliminiert werden, indem man das Substrat 5 zunächst im Vakuum hinreichend erhitzt. Hierzu ist der Innenraum 9 der Abscheidekammer 3 mittels einer Turbomolekularpumpe 18 mit zugeordneter Vorvakuumpumpe 19 z. B. auf unter 10^{-8} mbar eva-

kuierbar. Dabei wird das Substrat 5 mittels der Heizvorrichtung 16 auf eine für Abscheidungen von Y-stabilisiertem ZrO_2 auf Si übliche Prozeßtemperatur von einigen 100°C, beispielsweise auf etwa 800°C aufgeheizt. Vorteilhaft sind mindestens 500°C, insbesondere mindestens 700°C.

Ein weiteres Problem bei der Herstellung epitaktischer Oxid-Dünnschichten auf Si stellt die chemische Reaktivität des Si gegenüber Sauerstoff (O_2) dar. Bei dem erfindungsgemäßen Abscheidungsverfahren ist dafür Sorge getragen, daß nicht schon während der Abscheidung der ersten Atomlagen der Zwischenschicht 4 eine amorphe, auch als "Interface" (vgl. "Mat. Sci. Rep.", Vol. 1, 1986, Seiten 65 bis 160) bezeichnete Reaktionsschicht entsteht, die eine weitere Strukturübermittlung behindert. Um einer solchen unerwünschten Oxidation der Si-Oberfläche vorzubeugen, ist deshalb während des Beginns des Aufbaus der Zwischenschicht 4, d. h. während der sogenannten "Ansputterphase", in dem evakuierten Innenraum 9 der Abscheidekammer 3 ein vorbestimmter Druck p eines sauerstofffreien Sputtergases eingestellt. Als Sputtergas kommt insbesondere Ar oder ein anderes Edelgas oder ein Gemisch aus Edelgasen in Frage. Der Druck p dieses Sputtergases beträgt im allgemeinen etwa mindestens 0,01 mbar, vorzugsweise mindestens 0,05 mbar. Dieses Sputtergas wird über eine Gasleitung 21 in den Innenraum 9 eingeleitet. Bei diesen Druckbedingungen werden nun auf das beispielsweise auf 800°C erhitzte Substrat 5 zunächst einige Atomlagen der mindestens einen metallischen Komponente des Zwischenschichtmaterials, also beispielsweise aus reinem Zr aufgesputtert. Vorteilhaft werden mindestens 5 und höchstens 100 Atomlagen, vorzugsweise mindestens 10 und höchstens 25 Atomlagen abgeschieden, wobei die konkrete Zahl etwas von dem jeweils gewählten Material abhängt. Gemäß dem in Fig. 2 gezeigten Querschnitt durch den Aufbau der Zwischenschicht 4 ergibt sich so ein der Substratoberfläche 5a zugewandter Schichtbereich 4a mit einer entsprechenden, von dem jeweils gewählten Material etwas abhängigen Dicke d_1 , die im allgemeinen zwischen 0,5 und 10 nm, vorzugsweise zwischen 1 bis 2,5 nm liegt. In diesem Schichtbereich setzt sich bei der hohen Prozeßtemperatur von 800°C das Zr mit dem Si-Oxid unter Reduktion desselben zu Si um, wobei sich ein kristallin geordnetes Zr-Oxid bildet.

Dieser Schichtbereich 4a stellt eine epitaxiefähige Unterlage für das nunmehr in einem zweiten Verfahrensschritt aufzusputternde eigentliche Zwischenschichtmaterial Y-stabilisiertes ZrO_2 dar. Die zu einem optimalen epitaktischen Wachstum dieses Zwischenschichtmaterials auf der Unterlage 4a notwendigen Sputterparameter und -gase sind an sich bekannt (vgl. z. B. "Appl. Phys. Lett.", Vol. 57, No. 19, 05.11.1990, Seiten 2019 bis 2021). Dementsprechend läßt sich über eine weitere Gasleitung 23 auch O_2 dem Sputtergas insbesondere zu einer Förderung des gewünschten Kristallwachstums des oxidischen Zwischenschichtmaterials zumischen. Der Gasdruck des Ar/O_2 -Sputtergasgemisches liegt dabei auf einem üblichen Wert zwischen $5 \cdot 10^{-2}$ und $1 \cdot 10^{-1}$ mbar, wobei der O_2 -Partialdruck beispielsweise bei etwa $5 \cdot 10^{-4}$ mbar liegen kann. Der so epitaktisch gewachsene weitere Schichtbereich 4b der Zwischenschicht 4 aus Y-stabilisiertem ZrO_2 hat eine Dicke d_2 , die im allgemeinen zwischen 0,02 und 1 μm

beträgt. Der mit dem erfindungsgemäßen Verfahrensmittel hergestellten Zwischenschicht 4 gemäß Fig. 2 wird anschließend in bekannter Weise eine Schicht 25

aus einem HTSL-Material wie z. B. aus $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ mit $0 < x < 0,5$ epitaktisch erzeugt. Die Ausbildung dieser Schicht 25 kann in derselben Abscheidungskammer 3 oder in einer anderen Kammer beispielsweise mittels einer in Fig. 1 nicht dargestellten DC-Sputterquelle erfolgen (vgl. z. B. "Sol. State Comm.", Vol. 66, No. 6, 1988, Seiten 661 bis 665). Selbstverständlich sind auch andere bekannte physikalische oder chemische Verfahren zur Abscheidung der HTSL-Schicht 25 geeignet.

Gemäß dem vorstehend erläuterten Ausführungsbeispiel wurde davon ausgegangen, daß als Zwischenschichtmaterial Y-stabilisiertes ZrO_2 (YSZ) vorgesehen ist. Dieses Material ist zwar als besonders vorteilhaft anzusehen; jedoch sind auch andere metalloxidische Materialien prinzipiell geeignet, deren Gitterkonstante sowohl an die des zu beschichtenden Substratmaterials als auch an die des aufzubringenden HTSL-Materials zumindest weitgehend angepaßt ist. Eine weitere Nebenbedingung für die Eignung eines solchen Zwischenschichtmaterials ist, daß zumindest dessen metallische Komponente mit der größeren Sauerstoff-Affinität beim Aufputtern bei der erhöhten Prozeßtemperatur mit dem Sauerstoff des Si-Oxid-Films auf dem Si-Substrat unter Reduktion dessen reagiert. Die hohe Prozeßtemperatur erlaubt dabei eine kristalline Ordnung in Art einer festkörperepitaktischen Reaktion. Auf die so entstandene Unterlage kann dann das eigentliche Zwischenschichtmaterial unter Anwendung der zum optimalen Wachstum der Zwischenschicht erforderlichen Sputterparameter abgeschieden werden, ohne daß die Bildung eines störenden "Interfaces" zu befürchten ist. Beispiele für entsprechende geeignete Zwischenschichtmaterialien sind SrTiO_3 , Y_2O_3 , BaTiO_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , NdGaO_3 , MgO , MgAl_2O_4 oder auch In-Sn-Oxid, das sogenannte "ITO" (vgl. "Appl. Phys. Lett.", Vol. 57, No. 11, 10.09.1990, Seiten 1146 bis 1148). So kann beispielsweise in der Ansputterphase metallisches Al auf das Substrat aufgesputtert werden, das sich mit dem Si-Oxid zu Al_2O_3 umsetzt. Auf diese Unterlage wird dann ein Al-enthaltendes Zwischenschichtmaterial wie z. B. LaAlO_3 , NdAlO_3 oder MgAl_2O_4 aufgesputtert.

Abweichend von dem dargestellten Ausführungsbeispiel kann die mindestens eine metallische Komponente der genannten Zwischenschichtmaterialien auch mit einer bekannten DC-Quelle als Unterlage 4a aufgesputtert werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zu einer epitaktischen Herstellung einer Schicht aus einem Hochtemperatursupraleiter-Material auf einer epitaxiefähigen Oberfläche eines Silizium-Substrates, bei welchem Verfahren auf dem Substrat bei erhöhter Temperatur zunächst mittels eines Sputterprozesses epitaktisch eine Zwischenschicht aus einem metalloxidischen Material, dessen Gitterkonstante sowohl an die des Substratmaterials als auch an die des Hochtemperatursupraleiter-Materials zumindest weitgehend angepaßt ist, ausgebildet wird und dann auf dieser Zwischenschicht das Hochtemperatursupraleiter-Material abgeschieden wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Ausbildung der Zwischenschicht (4)

– zunächst unter Anwendung eines sauerstofffreien Sputtergases eine Unterlage (4a) von einigen Atomlagen Dicke (d_1) aus mindestens einer metallischen Komponente des Zwischenschichtmaterials auf das an seiner Ober-

fläche (5a) zu Silizium-Oxid oxidierte Substrat (5) aufgebracht wird, so daß bei der erhöhten Temperatur die mindestens eine metallische Komponente oxidiert und das Silizium-Oxid reduziert werden, und

– dann auf dieser Unterlage (4a) das metalloxidische Zwischenschichtmaterial (4b) abgeschieden wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Atomlagen der Unterlage (4a) zusammen eine Dicke (d_1) von mindestens 0,5 nm und höchstens 10 nm, vorzugsweise von mindestens 1 nm und höchstens 5 nm haben.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß während der Abscheidung der Zwischenschicht (4) das Substrat (5) auf mindestens 500°C, vorzugsweise mindestens 700°C erhitzt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abscheidung der Atomlagen der Unterlage (4a) als Sputtergas ein Edelgas oder Edelgasgemisch vorgesehen wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Material der Zwischenschicht (4) ein Material aus der Gruppe SrTiO_3 , BaTiO_3 , Y_2O_3 , LaAlO_3 , NdAlO_3 , NdGaO_3 , MgO , MgAl_2O_4 , Y-stabilisiertes ZrO_2 (YSZ) oder In-Sn-Oxid (ITO) vorgesehen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abscheidung der mindestens einen metallischen Komponente der Unterlage (4a) eine DC-Sputterquelle vorgesehen wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Abscheidung der mindestens einen metallischen Komponente der Unterlage (4a) und/oder des darauf aufzubringenden Zwischenschichtmaterials (4b) jeweils ein RF-Magnetron (6 bzw. 7) vorgesehen wird.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

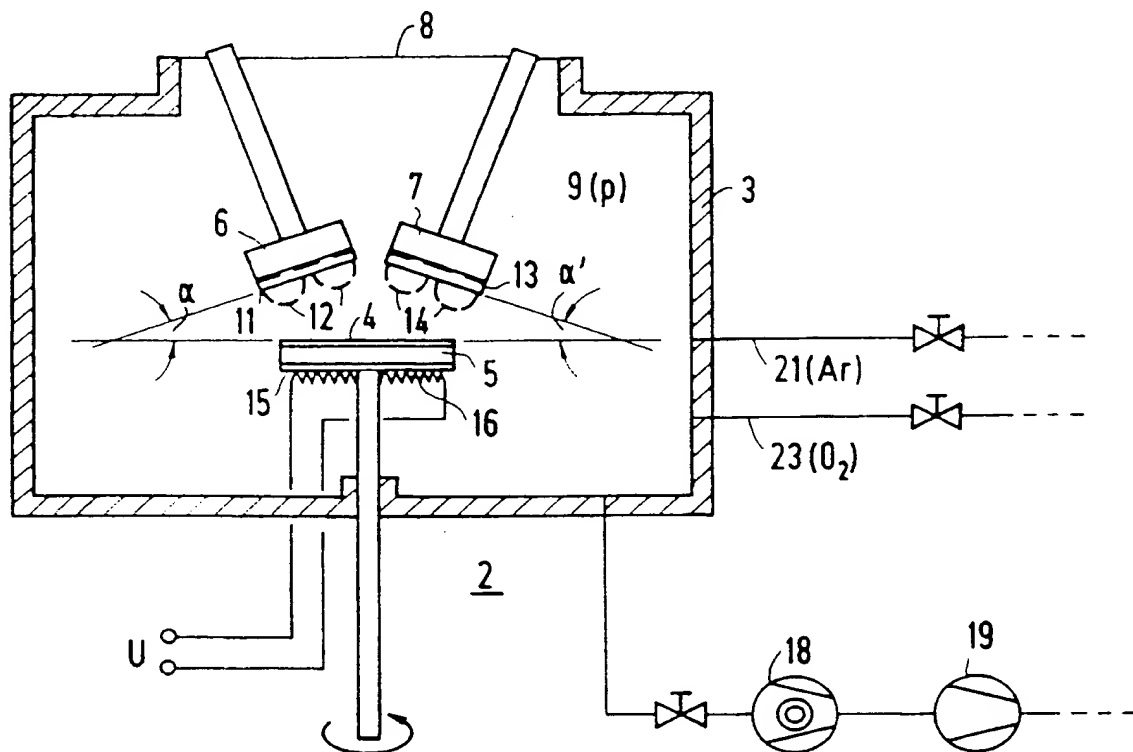


FIG 1

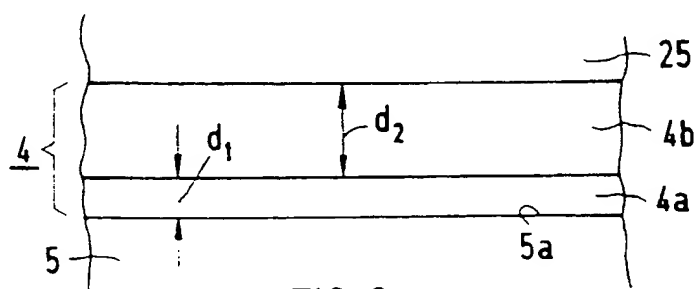


FIG 2